

補助事業番号 2021M-141

補助事業名 2021年度健康被害のない非繊維耐火断熱セラミックスの実用的作製方法の  
開発 補助事業

補助事業者名 岡山大学 岸本昭

## 1 研究の概要

補助事業者が既に報告している超塑性発泡法を用い、プラスチック同様の発泡体をセラミックスで実現することにより、軽量で信頼性の高い耐火断熱材を実用的な方法で作製する。これを利用し、現行の発泡ポリウレタンによる内断熱住宅同様の気密省エネ住宅を同じくコストの安い耐火性セラミックス発泡材に代替し、延焼・有毒ガス生成・繊維吸引による健康被害がない住環境を創出する。

## 2 研究の目的と背景

現在エネルギー問題への関心が高まり、住居も省エネルギー対応の住宅が工夫されている。常温付近の保温・保冷にはプラスチック発泡体が、耐火断熱材としては無機繊維が日常的に用いられている。後者は微小な脆性材料であるため、劣化や破砕により端面が鋭利となり、吸引すると呼吸器に健康被害をもたらす。

プラスチック発泡体はポリエチレン、ポリスチレン、ポリウレタン、などが断熱材として利用されているが、いずれもフロンおよび代替フロンにより発泡させるため、温暖化ガスとして大気中に放出され地球環境への影響が懸念される。また、ポリエチレンは容易に燃焼し、ポリスチレンやポリウレタンは出発原料に発ガン性の可能性が指摘されている。さらにポリウレタンは燃焼時にシアン化ガスが生成し、難燃化剤として加えたハロゲン化合物の毒性も懸念される。

現行内断熱といわれる工法では、無機繊維が室内に暴露しないようにプラスチック内装を施すが、火災に際しては容易に燃焼してしまうことや、有毒ガスの発生が問題となる。より高气密とされる外断熱工法を用いた場合、高分子断熱材を貼付しようとするとはやはり燃焼しやすいという問題がある。これを不燃性の無機断熱材に代替しようとする、従来の無機断熱材は強度、熱遮断性双方に劣るため、かなりの厚みをとる必要があり、地震や経年劣化による落下の不安が残る。

これに対し、我々は耐火物として知られるジルコニアセラミックスを一度焼結させ緻密な外皮を作ると同時に内部の気体のガス圧を利用して、固相のまま発泡させることに成功した。つまり、焼結後に気泡を導入することで、機械的信頼性を保ちつつ、気孔率を高めることができるようになった。また、大気下、焼結温度付近で製造できるため、実用性の高い方法ともいえる。このため、宇宙往還機、原子力分野など高温で気密・断熱の双方が要求される分野に革新をもたらすと考えられる。また、比強度の大きな断熱材として、エンジン部材や工業炉材としての特段の特性向上が期待される。

このような気密性は従来の無機繊維を用いた断熱材には見られず、気密性を持たせようとして貼付する内装材に類焼や有毒ガス発生の問題がある。また無機繊維のみでは強度を保つことがで

きないため他の構造材料と併用する必要がある。しかし、今回開発しようとする断熱材は緻密な気孔壁を持つため、耐熱防火性と気密・断熱性、および強度を兼ね備えている。

### 3 研究内容

#### (1) 健康被害のない非繊維耐火断熱セラミックスの実用的作製方法の開発

([http://achem.okayama-u.ac.jp/int\\_chem/research.html](http://achem.okayama-u.ac.jp/int_chem/research.html))

##### ① ガス放出挙動-TG-MS: 昇温中のガス放出挙動を評価

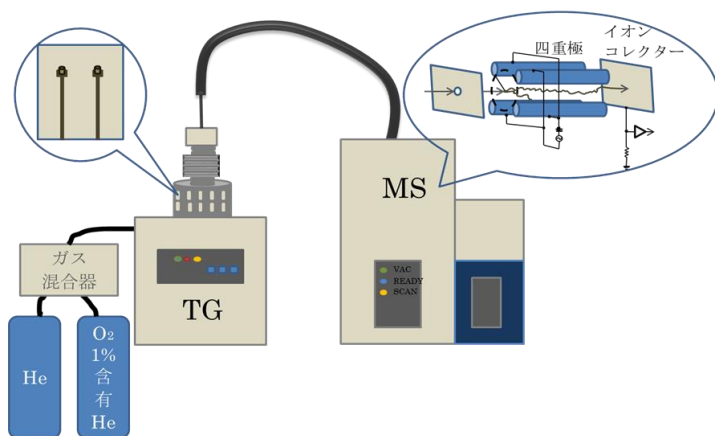


図 1 発泡剤のメカニズム解析のためのガス放出挙動評価 (熱重量分析-質量分析計の利用)

主に発泡剤として用いる炭化珪素について熱重量測定-質量分析計により、加熱雰囲気を変更して発生ガス分析を行った。

1%酸素を混合したHe中では、重量の減少とともに、SiO<sub>2</sub>に対応するガスの生成がみられ、気孔を拡張させるアクティブ酸化が起こっていると判断された。これに対し純He中では、SiO<sub>2</sub>の発生は認められず、アクティブ酸化にはわずかながら雰囲気中の酸素が必要であることがわかった。

##### ② 発泡剤固定で、各種マトリックスの変形挙動評価



図 2 チタニアマトリックス単一気孔体

発泡剤を $\beta$ -SiCに固定し、3YSZ、8YSZ、チタニアについて、10,20,30mol%のシリカを添加したときの変形挙動を単一気孔体(モデル系)にて評価した。

3YSZについては、無添加でも30%程度の気孔率が認められ、シリカなしでかなりの変形をすることがわかった。また、10mol%シリカを添加すると50%近い気孔率となった。8YSZ、チタニアについてはシリカなしではほとんど発泡しなかったが、10%シリカ添加で40%以上の気孔率を示し、30%シリカ添加では50%近くの気孔率となり3YSZとほとんど遜色ない気孔率であった。

③マトリックス固定で、発泡剤のガス放出挙動評価、新規発泡剤を探索

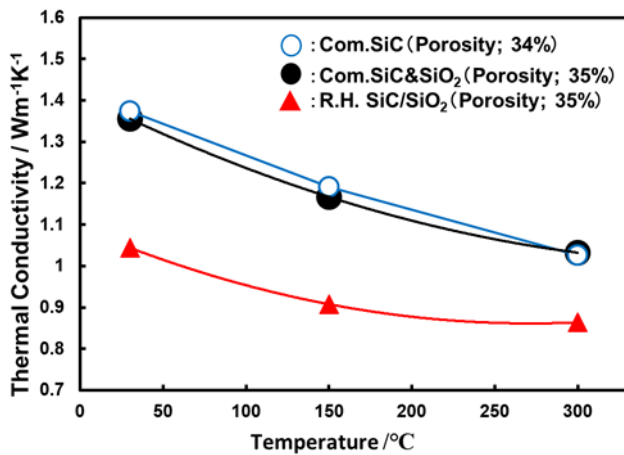


図3 粉殻由来材料の良好な断熱性

マトリックスを10mol%シリカ添加3YSZに固定し、粉殻由来発泡剤について単一気孔体を作製し、ガス発生挙動を評価した。粉殻由来発泡剤には過剰の炭素を含んでいたが、事後の大気中加熱によりほとんど取り除くことができた。窒化物・粉殻由来いずれの発泡剤でも単一気孔体を作製することができた。窒化物系はガスの発生がやや少ないが、事前の熱処理に影響を受けず安定してガス放出することがわかった。粉殻由来発泡剤はSiCに加えシ

リカを含有するがSiC当たりの発泡量は市販のSiCと同等であることがわかった。

⑤実用材料(多孔体):アルミナ基多孔体の作製

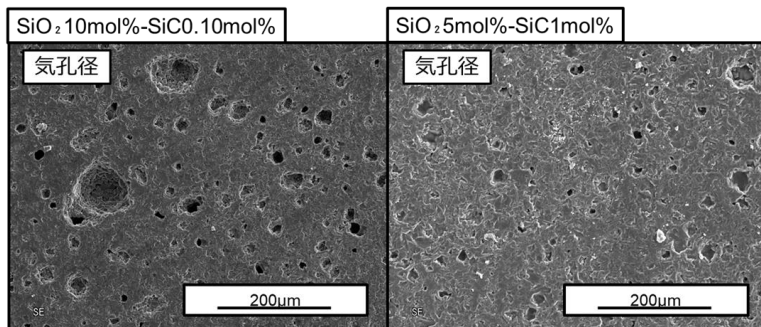


図4 アルミナ基多孔体の断面(シリカとSiCにより気孔径を制御し高強度化)

発泡剤であるSiCをコアにして、マトリックスであるアルミナをシェルとした複合顆粒を作製し、圧密・焼成により多孔体セラミックスを作製した。SiC/アルミナ複合顆粒を作製し、圧密・焼成により多孔質セラミックスを作製し、機械強度を評価した。SiC/アルミナ複合顆粒を作製し、圧密・焼成により

多孔質セラミックスを作製し、キセノンフラッシュ法にて熱伝導率を評価した。

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

最終的には住宅全体、当初は厨房・浴室など耐火性が求められる住宅の要所について、発泡スチロール同様の発泡体を無機材料で作製し、無機繊維を排除しこれに代替する。強度・熱遮断性に優れる無機発泡断熱材により、出火による延焼や有毒ガス発生への心配がなく、地震や衝撃による劣化やそれに伴う健康被害のない環境を実現する。

## 5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

研究遂行者は、内部・外部応力下のセラミックスの特性変化と新規調製法への応用について長年研究してきた。内部ガス圧によりセラミックスが超塑性変形することを新規材料に結び付けたのが本研究といえる。

## 6 本研究にかかわる知財・発表論文等

### 学術論文

A. Kishimoto, K. Tanaka and T. Teranishi, "Evaluation of superplastic-foamed zirconia-based ceramics using foaming agent and a superplasticity facilitator derived from rice husk", J. Porous Mater., 29, 153-159 (2022)

<https://link.springer.com/article/10.1007/s10934-021-01156-3>

## 7 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 岡山大学(オカヤマダイガク)

住 所: 〒700-8530

岡山県岡山市北区津島中3-1-1

担 当 者: 教授 岸本 昭

担 当 部 署: 学術研究院自然科学学域(ガクジュツケンキュウインシゼンカガクガクイキ)

E - m a i l: kishim-a@cc.okayama-u.ac.jp

U R L: [http://achem.okayama-u.ac.jp/int\\_chem/index.html](http://achem.okayama-u.ac.jp/int_chem/index.html)